

УДК 004.9:332.1(075.8)

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПЯТНА КОНТАКТА ШИН ТРАКТОРОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Трубицын Виктор Николаевич
научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код 7011-0027
viktor_knii@mail.ru

Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), Новокубанск, Краснодарский край, Россия

В статье поднимается проблема негативного воздействия современной сельскохозяйственной техники на плодородие почвы, определена причина возрастания негативного воздействия движителей тракторов и прочих агрегатов на почву. Определена связь массы агрегата и площади пятна контакта шины со степенью воздействия на уплотнение почвы. В статье приведен анализ существующих методов определения пятна контакта протектора шины с почвой, выявлены их недостатки. Приведены результаты анализа инструментальных способов определения площади пятна контакта шин тракторов и сельскохозяйственных машин, разработан и обоснован новый метод и техническое средство для его определения

Ключевые слова: ТРАКТОРА, ШИНЫ, ПРОТЕКТОР, ГРУНТОЗАЦЕП, ПЯТНО КОНТАКТА, ДАВЛЕНИЕ НА ПОЧВУ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-055>

UDC 004.9:332.1(075.8)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

METHOD FOR DETERMINING THE AREA OF THE CONTACT SPOT OF TRACTOR TIRES AND AGRICULTURAL MACHINERY

Trubitsyn Viktor Nikolaevich
Researcher
RSCI SPIN 7011-0027
viktor_knii@mail.ru

Novokubansk branch of F'SBSI "Rosinformagrotekh" (KubNIITiM), Novokubansk, Krasnodar Territory, Russia

The article raises the problem of the negative impact of modern agricultural machinery on soil fertility, identifies the reason for the increasing negative impact of tractor engines and other aggregates on the soil. The relationship between the mass of the unit and the area of the tire contact spot with the degree of impact on soil compaction has been determined. The article provides an analysis of existing methods for determining the contact spot of the tire tread with the soil, their disadvantages are revealed. The results of the analysis of instrumental methods for determining the area of the contact spot of tractor tires and agricultural machinery are presented, a new method and technical means for its determination are developed and justified

Keywords: TRACTORS, TIRES, TREAD, GROUND HOOK, CONTACT SPOT, SOIL PRESSURE

Интенсификация сельскохозяйственных работ привела к заметному увеличению производительности современной сельскохозяйственной техники, что, в свою очередь, повлекло за собой рост её мощности и веса, с естественным увеличением уровня негативного воздействия движителей тракторов и прочих машин на почву. Большие вертикальные нагрузки ходовых систем на почву вызывают повышенное её уплотнение, способствуют образованию плужной подошвы. Данное уплотнение приводит к увеличению расхода топлива при проведении полевых почвообрабатывающих операций, способствует износу почвообрабатывающих орудий. Плужная

<http://ej.kubagro.ru/2024/10/pdf/55.pdf>

подошва затрудняет дренаж, снижает воздухопроницаемость, способствует эрозии почвы, нанося непоправимый ущерб окружающей среде. А главное – ведет к сокращению урожайности выращиваемой на уплотненных полях продукции растениеводства.

Работы по снижению давления ходовых систем на грунт разработчики сельскохозяйственной техники проводили в нескольких направлениях.

Первое – снижение веса сельскохозяйственной техники, которое достигалось путем использования более современных материалов, имеющих большую прочность и износостойкость при меньшей массе. Этот путь решения проблемы очень сложен, дорог требует значительное время на внедрение в производство.

Второе – снижение удельного давления движителей на почву путём увеличения площади пятна контакта шин с грунтовой поверхностью. Данное направление реализовывалось за счет увеличения размера и количества колес сельскохозяйственных тракторов и машин. Но, здесь разработчики сталкивались с ограничениями, которые накладывались на габаритные размеры техники, передвигающейся по дорогам общего пользования.

Следует отметить, что увеличение площади контакта шины с грунтовой поверхностью способствует снижению контактного давления и распространения напряжений-деформаций в глубинные слои почвы.

Для проведения сравнительных оценок различных моделей шин необходимо знать точные размер и форму площади их контакта с грунтом, эта величина в свою очередь зависит от давления воздуха в шинах и величины вертикальной нагрузки на колесо. Используемые различные математические модели для определения площади контакта шины с поверхностью почвы очень сложны, а попытка их упростить приводит к повышению погрешности истинного размера отпечатка [1].

Следовательно, наиболее точным способом определения площади пятна контакта и вертикальной нагрузки на колесо является инструментальный способ.

Цель данной работы – провести анализ существующих методов и инструментальных средств определения площади пятна контакта шин, определить направление исследований, которое позволит автоматизировать проведение измерения не только площади пятна контакта шины с поверхностью, но одновременно определить величину вертикальной нагрузки на колесо и распределение давления по контактной поверхности.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований были использованы материалы проведенного патентного поиска, материалы российских и зарубежных научных и образовательных учреждений.

Результаты исследований.

В результате проведенного анализа методов и средств, они были объединены в несколько групп, которые наиболее полно отображают существующие методы и средства определения площади пятна контакта шины тракторов и сельскохозяйственных машин.

К первой группе методов определения площади пятна контакта шины относится метод описанный в ГОСТ Р 58656-2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву» [2]. Данный способ определения площади пятна контакта шины предлагает создание контурного отпечатка, получаемого при многократном опускании, подъеме и проворачивании колеса с окрашенным протектором на металлический лист, до момента полного заполнения пятна контакта. Далее полученный отпечаток сканируется на компьютере и производится вычисление площади полученной контурной фигуры.

Похожий метод предлагают использовать компании Nokian и Trelleborg - метод определения контактных поверхностей шин, при котором копировальная бумага используется для «оттисков протектора» [3]. Однако этот метод не позволяет сделать вывод о распределении давления, преобладающем в контактирующей поверхности.

Ко второй группе методов определения площади пятна контакта шины можно отнести методы, описанные в патентах на изобретения RU2815560, WO201609662, WO2022232520 и др. [4, 5, 6]. В этих методах предлагается определять или только длину пятна контакта или проводится расчет площади пятна контакта по времени прохождения шины между двумя тензометрическими датчиками с определенной скоростью.

К третьей группе можно отнести метод, используемый компаниями Pirelli, Continental и другими производителями автомобильных шин. Pirelli использует специальные пленки, структура которых состоит из нескольких слоев цветных шариков. Шарик, прозрачный в ненагруженном состоянии, лопаются только при определенном надавливании, так что их цветное содержимое вытекает. В зависимости от силы надавливания цвет варьируется. Таким образом, с помощью компьютерных программ можно оценить распределение давления [7].

Компания Continental использует метод определения распределения давления, при котором между шиной и стеклянной пластиной, выполняющей роль опоры, находится пленка с призматической структурой, которая при нажатии на нее изменяет свои отражающие свойства. Под панелью установлен мощный источник света и система захвата изображения (камера в градациях серого), которая определяет различные значения давления как уровни серого. Полученное изображение дополнительно обрабатывается с помощью компьютера. [8].

Существует еще ряд методов, однако большинство из них хорошо подходят для определения площади пятна контакта шин автомобильного

транспорта, которые как правило, используются на твердом покрытии, и эти методы практически не годятся для определения площади пятна контакта шин сельскохозяйственных машин.

На рисунке 1 представлены отпечатки протектора шин трактора и автомобиля. В случае с автомобилем или любым другим транспортным средством как правило используются шины, имеющие рисунок протектора, обеспечивающий наилучшее сцепление с твердым покрытием. Для сельскохозяйственной техники необходимо использовать шины, имеющие специальные грунтозацепы, обеспечивающие наилучшее сцепление с рыхлой почвой.



Рисунок 1 – Отпечаток протектора шины трактора (а) и автомобиля (б)

Сельскохозяйственные тракторы и машины как правило передвигаются по деформируемой почве. Поэтому важно знать не только площадь контактирующей с опорой поверхностью грунтозацепов, но и площадь находящуюся между грунтозацепами, также соприкасающуюся с почвой (Рис. 2).

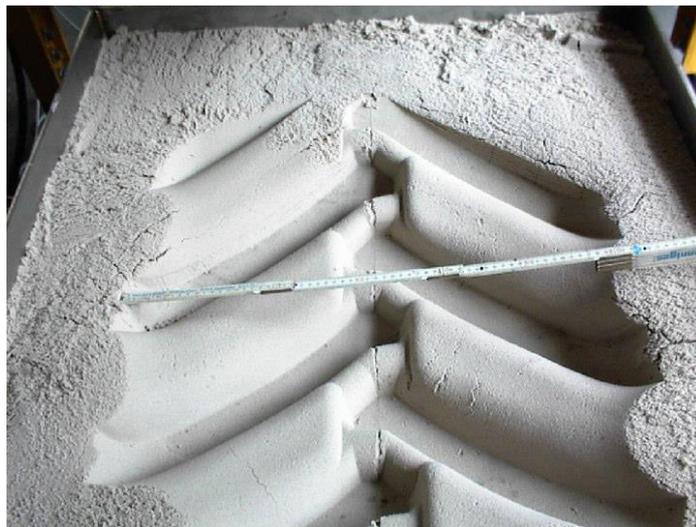


Рисунок 2 – Отпечаток протектора шины трактора

Не только поверхность контакта, но и распределение давления на контактной поверхности шины позволяет количественно оценить эффективность использования тех или иных шин для уменьшения негативного влияния на плодородие почвы. Для полного понимания воздействия шин на экологию почвы при использовании сельскохозяйственной техники, необходимо более подробно рассмотреть интерфейс "шина-почва". С этой целью необходимо провести научного исследования распределения давления на контактных поверхностях под шиной.

Для обеспечения проведения этих научных исследований предлагается использовать измерительную систему, состоящую из матрицы тензометрических датчиков размещенных в контейнере (Рис. 3) и электронной аппаратуры, которая обеспечивает питание этих датчиков, усиление сигнала, поступающих с этих датчиков и их предварительную обработку с последующей передачей полученных данных на компьютер (Рис. 4).

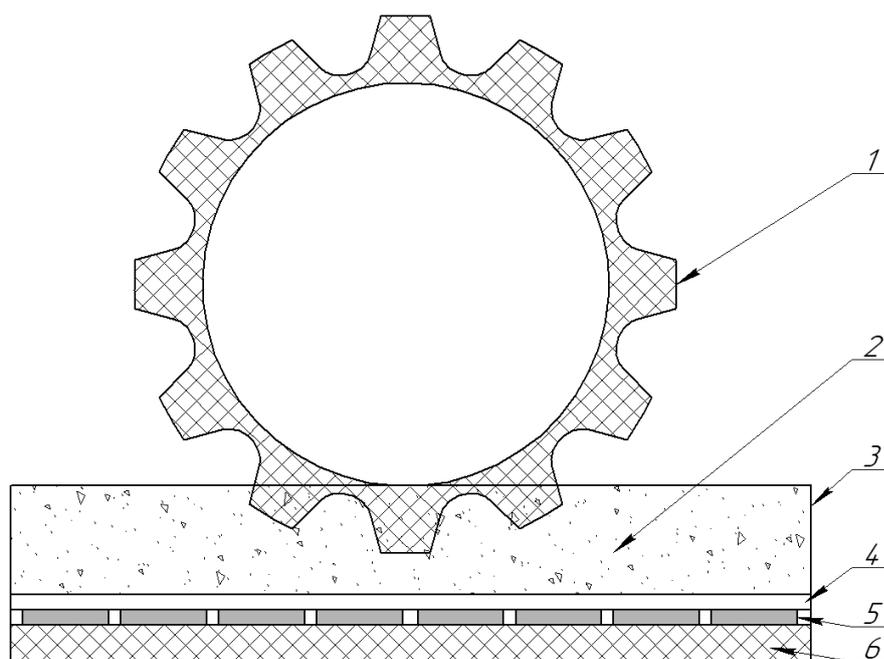


Рисунок 3 – Схема устройства для определения площади пятна контакта

1 – колесо, 2 – слой грунта, 3 – контейнер, 4 – защитная пленка,
5 – матрица тензометрических датчиков, 6 – твердое основание.

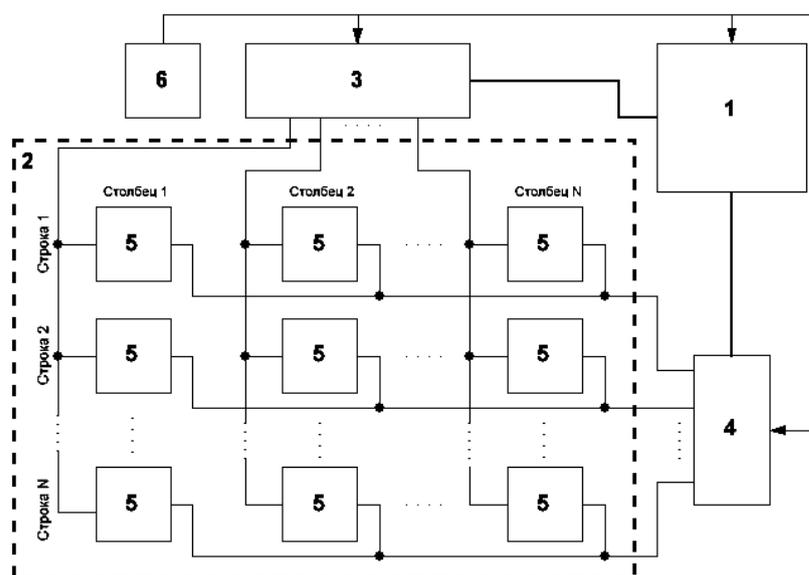


Рисунок 4 – Блок-схема электронной части устройства для определения площади пятна контакта

1 – управляющим микроконтроллер, 2 – измерительная матрица,
3 – система коммутации тензодатчиков, 4 – АЦП, 5 – тензометрический датчик с усилителем, 6 – блок питания системы.

Блок-схема показывает электронную структуру в упрощенном виде (Рис. 4). Каждая точка пересечения матрицы представляет собой тензорезистор с усилителем сигнала, который подключен к 8-битному аналого-цифровому преобразователю (256 ступеней). В ненагруженном состоянии (без приложения силы к поверхности сенсорного датчика) сопротивление является наибольшим. Принцип измерения заключается в том, что с помощью мультиплексора Z к каждому столбцу датчика последовательно подается напряжение. Под механическим воздействием сигнал на выходе тензодатчика и усилителя меняется пропорционально нагрузке. Мультиплексор, совмещенный с аналого-цифровым преобразователем, выполняет выборку строк сверху вниз, а сигналы объединяются в общую картину на управляющем контроллере.

Компьютер, к которому с помощью разъема подключена измерительная система, считывает записанные данные, которые затем обрабатываются для получения полной картины отпечатка шины. Дальнейшая обработка данных осуществляется с помощью нескольких программ, которые объединяют данные в общую картину и позволяют проводить как графические, так и статистические оценки.

Выводы.

Проведенный патентный поиск и анализ выявленных методов, позволяет сделать вывод, что большинство из них хорошо подходят для определения площади пятна контакта шин автомобильного транспорта, которые как правило, используются на твердом покрытии, и эти методы практически не годятся для определения площади пятна контакта шин сельскохозяйственной техники.

Предложенный метод позволит произвести измерение площади пятна контакта шины и величину вертикальной нагрузки на грунтовое основание. А по результатам компьютерной обработки полученных данных можно будет определить не только эту площадь и максимальное давление на почву,

но и, что особенно важно, определить уровень воздействия на почву, производимый непосредственно грунтозацепами, а также зоной протектора, находящейся между ними.

Список литературы

1. Ревенко В. Ю. Новые методы определения площади контактирующей поверхности шин сельскохозяйственных машин и тракторов / В. Ю. Ревенко, А. Б. Иванов, Д. А. Петухов // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 2(308). – С. 10–15.
2. ГОСТ Р 58656–2019 Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. – М.: Стандартиформ. – 2019. – 24 с.
3. Diserens, E. Ermittlung der Reifen-Kontaktfläche im Feld mittels Rechenmodell. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Bericht-Nr. – 2002. – № 582. – 12 p.
4. Патент № 2016096662 Международный, МПК В60С 11/24, G01М 17/027. Система и способ оценки площади контакта шины: № WO2015EP79455 : заявл. 11.12.2015 : опубл. 23.06.2016 / Ledoux. Т. [FR], Martin D. [FR], Heredia G. [FR], Pernot A. [FR]; заявитель MICHELIN & CIE[FR], MICHELIN RECH TECH [CN]. – 23 с.
5. Патент № 2022232520 Международный, МПК G01М 17/02. Датчик контакта: № WO2022US26950 : заявл. 29.04.2022 : опубл. 03.11.2022 / Aladro. С. [US], Georg C. [US], Loomis G. [US], Harty M. [US], Papp G. [US], Ofaim A. [US]. – 26 с.
6. Патент № 2815560 Российская Федерация, МПК В60С 23/06 (2006.01). Система для измерения длины контакта шины и соответствующий способ: № 2022115169 : заявл. 11.11.2020 : опубл. 18.03.2024 / Манчинелли П., Эванжелисти А., Пьераличи Э.; заявитель Треллеборг вил системз италия С.П.А. (ИТ). – 27 с.
7. Backfisch, K. P. und Heinz, D. S. Das neue Reifenbuch. Motorbuch Verlag, Stuttgart. – 2000. – 287 p.
8. Diserens, E. Wechselwirkung zwischen Fahrwerk und Ackerboden. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Bericht-Nr. – 2004. – № 613. – 16 p.

References

1. Revenko V. Ju. Novye metody opredelenija ploshhadi kontaktirujushhej poverhno-sti shin sel'skohozjajstvennyh mashin i traktorov / V. Ju. Revenko, A. B. Ivanov, D. A. Petuhov // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2023. – № 2(308). – S. 10–15.
2. GOST R 58656–2019 Tehnika sel'skohozjajstvennaja mobil'naja. Metody opredelenija vozdejstvija dvizhitelej na pochvu. □ М.: Standartinform. □ 2019. □ 24 s.
3. Diserens, E. Ermittlung der Reifen-Kontaktfläche im Feld mittels Rechenmodell. Eid-genössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Bericht-Nr. □ 2002. □ № 582. □ 12 p.
4. Patent № 2016096662 Mezhdunarodnyj, MPK B60C 11/24, G01M 17/027. Sistema i sposob ocenki ploshhadi kontakta shiny: № WO2015EP79455 : zajavl. 11.12.2015 : opubl. 23.06.2016 / Ledoux. Т. [FR], Martin D. [FR], Heredia G. [FR], Pernot A. [FR]; za-javitel' MICHELIN & CIE[FR], MICHELIN RECH TECH [CN]. □ 23 с.
5. Patent № 2022232520 Mezhdunarodnyj, MPK G01M 17/02. Datchik kontakta: № WO2022US26950 : zajavl. 29.04.2022 : opubl. 03.11.2022 / Aladro. С. [US], Georg C. [US], Loomis G. [US], Harty M. [US], Papp G. [US], Ofaim A. [US]. □ 26 с.

6. Patent № 2815560 Rossijskaja Federacija, MPK B60C 23/06 (2006.01). Sistema dlja izmerenija dliny kontakta shiny i sootvetstvujushhij sposob: № 2022115169 : zajavl. 11.11.2020 : opubl. 18.03.2024 / Manchinelli P., Jevanzhelisti A., P'eralichi Je.; zajavi-tel' Trelleborg vil sistemz italija S.P.A. (IT). □ 27 c.

7. Backfisch, K. P. und Heinz, D. S. Das neue Reifenbuch. Motorbuch Verlag, Stuttgart. – 2000. – 287 p.

8. Diserens, E. Wechselwirkung zwischen Fahrwerk und Ackerboden. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Bericht-Nr. – 2004. – № 613. – 16 p.